

Exhibit 1

Sanyo Technical Report

1/7

部品・デバイス特集 II

論文

DVD用フレームタイプ赤色半導体レーザ

Frame Type Red Laser Diode for DVD

別所 站之* 三宅 雄明* 四村 晋* 上山 実二* 秋吉 新一郎*
 Yasuyuki Bessho Teruaki Miyake Susumu Nishimura Kohji Ueyama Shinichiro Akiyoshi

要旨

高密度光ディスクであるDVD (Digital Versatile Disk) の光源には波長650nm帯のAlGaInP系赤色半導体レーザが用いられている。我々は低価格化、薄型化に有効なフレームタイプで、DVD用の高性能赤色半導体レーザを開発した。

本発表では、歪補償型多量子子井戸活性層の採用や素子構造の最適化により、650nm帯レーザで30mAという従来の約半分の低動作電流（当社比）を実現した。また、受光素子とフレームの構造を新たに設計して放熱性の改善を行った。その結果、薄型（2.4mm）、波長655nm、光出力5mWで70°Cの高温度保証を可能としたDVD用フレームタイプ赤色半導体レーザを実現した。

Abstract

A 650nm-band AlGaInP red laser diode is the light source for DVD (Digital Versatile Disk) systems. We have developed red laser diodes for DVD with a frame type stem which enables us to achieve low cost and thin packaging.

A laser diode with a wavelength of 650nm-band and a lower operating current of 30mA is achieved by using the strain compensated MQW (Multi-quantum Well) active layer and optimizing the device structure. Furthermore, we improved thermal radiation from the laser chip with a new design of the photo-diode and the frame structure. We realized a red laser diode for DVD with thin frame type package of 2.4mm, wavelength of 655nm, light output power of 5mW, and high temperature reliability of 70°C.

【キーワード】

半導体レーザ、フレーム、DVD、AlGaInP

1. 緒言

高密度光ディスクであるDVD (Digital Versatile Disk, デジタル多用途ディスク) がパソコンコンピュータを中心に、ビデオプレーヤ、カー・ナビゲーションシステム、ゲーム機などに多く搭載され始めている。DVDはCDと同じ120mmのディスクに片面4.7GBというCD約7枚分もの情報を収めることができる。現在、DVDシステムの光ピックアップ用光源としては、一般的にキャントタイプの波長650nm帯AlGaInP系赤色半導体レーザが用いられている。しかしDVDの普及に伴い、レーザの高性能化（低動作電流化、高温度保証化、小型化など）と低価格化の要求が強くなっている。

当社では、従来からCD, CD-ROM用としてフレームタイプのAlGaAs系赤外レーザを、またDVD, DVD-

ROM用としてキャントタイプの赤色レーザを量産している。フレームタイプは一般的なICフレームと同様、シート状の平面構造を持ち、従来のキャントタイプに比べて薄型・軽量化できるとともに、組立工程を大幅に合理化でき、低価格化に有効である。そのため、DVD用赤色レーザでもフレームタイプレーザの開発が求められていた。しかし、フレームタイプはパッケージの成形に樹脂を用いているため金属型のキャンパッケージに比べると放熱に工夫が必要である。赤外レーザに比較して高温で発光効率が低下する赤色レーザをフレームタイプで実用化することは大きな技術課題であった。

我々は（1）レーザ素子の低電流化、（2）高温度受光素子の開発、（3）新型フレーム構造の採用により、量産性、価格性に優れた薄型のフレームパッケージでDVD用高性能赤色半導体レーザを開発した。以下に開

*島津三洋電機株式会社 LED事業部
 Tokina SANYO Electric Co., Ltd. LED Division

発したレーザの構造、開発技術、電子特性について述べる。

2. フレームタイプレーザの構造

図1に開発したDVD用フレームタイプ赤色半導体レーザ（以下、本素子と記す）の外観写真を、図2(a)にその構造模式図を示す。また比較のためキャンタイプレーザを図2(b)に示す。図中、ワイヤは省略している。フレームタイプの部品構成としてはレーザ素子、受光素子(PD: Photo-diode)を内蔵したリードヒートシンク、樹脂モールドされたフレームパッケージからなる。レーザ素子はフレーム平面上にマウントされ、レーザビームはフレーム面と平行方向に出射される。フレームの一部は放熱フィン及びリードピンとして用いられる。一方、キャンタイプはレーザ素子、PD、ヒートシンク、ステム、キャップから構成される。ステムにはリードピンがガラス封入にて取り付けられ、また、キャップにはガラスの光学窓が接着され、レーザビームは光学窓から垂直に出射される。このようにキャンタイプはフレームパッケージに比べると複雑な構造である。本素子は厚みが2.4mmと従来のキャンタイプ（φ5.6mm）の半分以下となっている。

図3にレーザ素子の構造を示す。本素子は結晶成長に減圧MOCVD（有機金属気相成長法）を用い、n-GaAs基板の上にn-GaInPバッファ層、n-AlGaInPクラッド層、活性層、p-AlGaInPクラッド層、p-GaAsキャップ層を順次積層させた構造を有する。そして、p-AlGaInPクラッド層においてエッチングによりリッジを形成し、そのリッジをn-GaAsプロック層で埋め込むことにより電流狭窄を行っている。レーザ光はリッジ下部の電流狭窄された活性層部分から出射する。また、素子の端面には保護及び反射率制御のためコーティングを施しており、

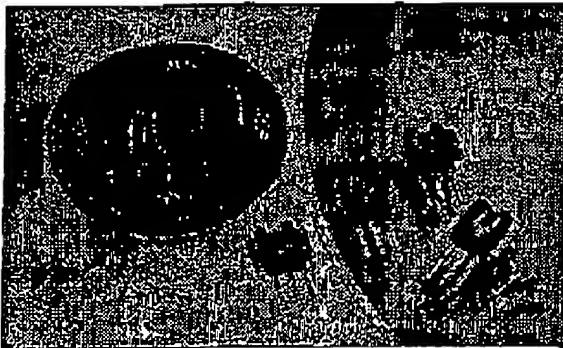


図1 DVD用フレームタイプ赤色半導体レーザ
Fig. 1 Photograph of frame type red laser diodes for DVD

レーザ発振の効率を上げるため後端面を高反射率としている。

3. 開発技術

DVD用赤色レーザに求められる要索の中で、基本特性の他に、70°C以上の高温で安定動作すること、またパッケージが小型（薄型）であることが重要である。これらの要求をフレームタイプで実現するため、レーザ素子の低電流化、高感度受光素子の開発、新型フレーム構造の採用を行った。

3.1 レーザ素子の低電流化技術

赤色レーザは、活性層とp型クラッド層間での伝導帶間ヘテロ界面が赤外レーザに比較して低いため、活性層からp型クラッド層への電子のオーパーフローにより、高温時での動作電流の上昇が大きくなる。そのため、樹

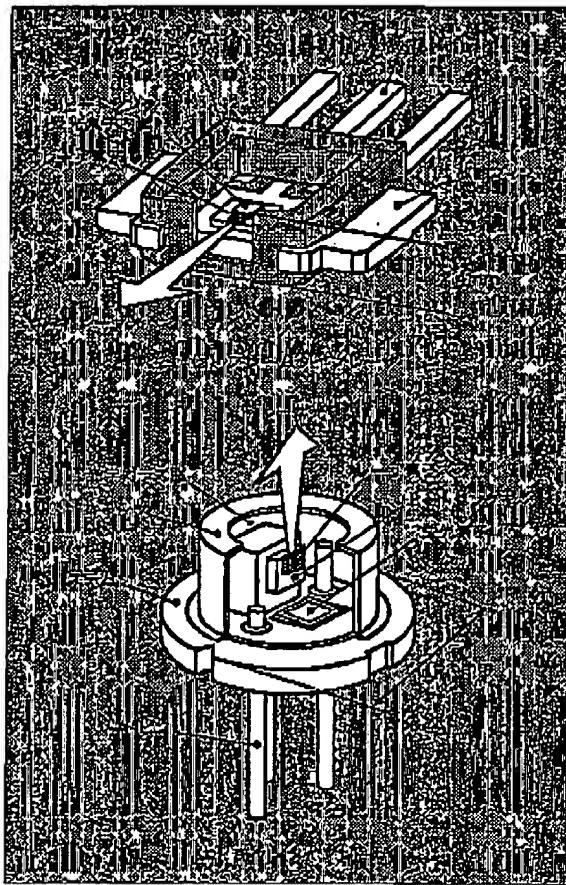


図2 半導体レーザの構造模式図
Fig. 2 Schematic structure of the laser diode

DVD用フレームタイプ赤色半導体レーザ

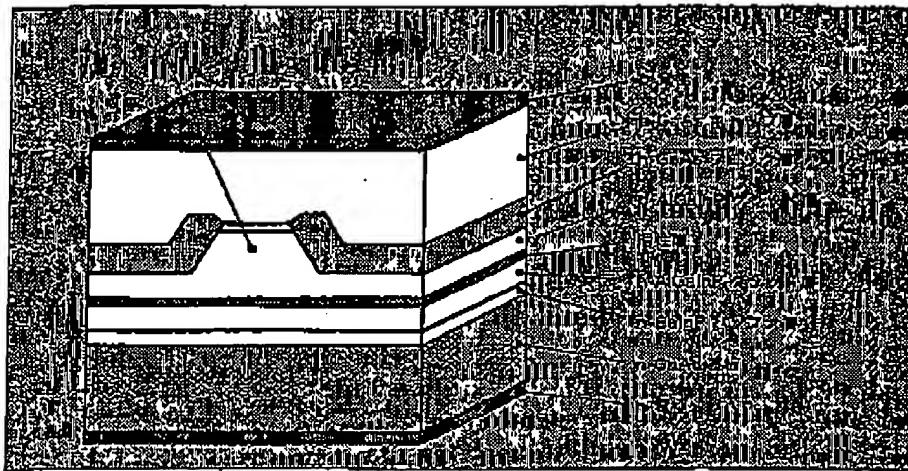


図3 レーザ二子構造
Fig. 3 Schematic structure of the laser diode chip

脂モールドを用いるフレームパッケージで70°C以上の高温度動作保証を実現することは困難であった。そこで素子内部からの発熱(消費電力)を下げるため、歪補償型多量子井戸活性層の採用及び素子構造の最適化により、動作電流の低減を行った。

3.1.1 歪補償型多量子井戸活性層の採用

多量子井戸(MQW: Multi-quantum Well)構造とは、100Å以下の極薄膜からなる量子井戸層と量子障壁層を交互に複数積層させたものである。この構造を半導体レーザの発光部である活性層に用いると、低電流化に有効となる¹¹。また歪MQW構造は、量子井戸層の格子定数を意図的にずらしたもので、歪応力により偏電子帶

のバンド構造が変化し、正孔(ヘビーホール)の有効質量が減少するため、より少ないキャリアでレーザ発光が可能となる¹²。しかし、あまり大きな歪量を導入すると結晶に転位欠陥が発生し、特性は逆に劣化する。

そこで我々は井戸層に歪を入れ、更に障壁層にその逆の歪を入れる歪補償型MQW構造を採用した。これにより活性層内の歪量を補償し、本来結晶欠陥が発生する歪量よりも大きな歪を導入することに成功した¹³。その簡単な模式図を図4に示す。今回のDVD用レーザでは、格子整合のとれた組成Ga_{0.8}In_{0.2}Pに対し、井戸層にInを増加させた格子定数の大きな層を、障壁層には逆に格子定数の小さな層を用いた。その結果として井戸層

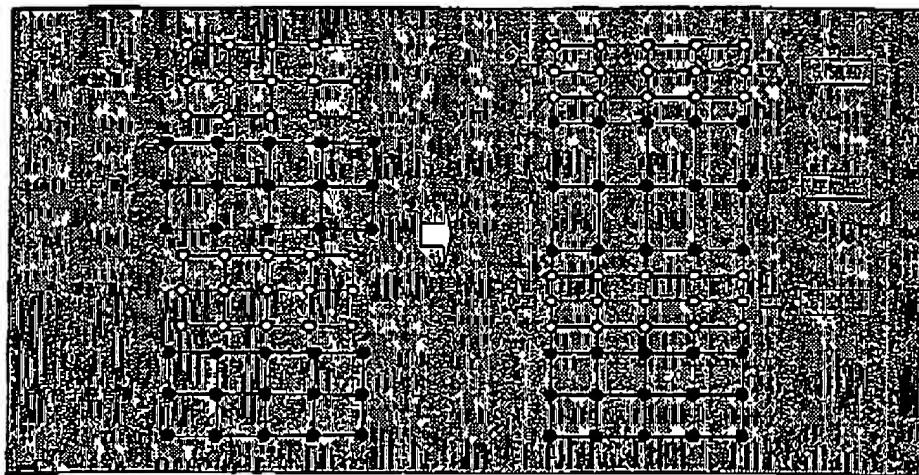


図4 歪補償型量子井戸構造の模式図
Fig. 4 Schematic diagram of the strain compensated quantum well structure

には圧縮歪が、障壁層には引張歪が導入され、互いの歪を補償し、活性層全体の歪を抑制することができる。この歪補償型構造により、結晶欠陥を発生させることなく井戸層に従来よりも大きな歪量を導入することができ、動作電流を低減することができた。

3.1.2 素子構造の最適化

従来レーザ素子の温度特性を改善するためには、素子内部での電流密度を低減するために共振器長を長くすることが一般的であった。しかし、その場合動作電流は増加するという問題があり、フレームパッケージのように放熱性が良くない構造では、いかに消費電力を小さく抑えられるかが重要である。我々は70°Cでの高温度特性が維持されつつ、動作電流が小さくなるよう素子の共振器長を最適化した。

図5に25°C及び70°Cにおいて、光出力を5mW一定とした場合のレーザ素子の動作電流と共振器長の関係を示す。25°Cにおいては共振器長が500μmから短くなるにしたがい、動作電流が減少し続けていく。一方、70°Cにおいては共振器長が300μmまで動作電流は減少するが、200μmになると逆に増加してしまう。これより、共振器長としては300μmが最適であると判断した。

更に、発光効率が向上するよう活性層近傍のAl組成、量子井戸の层数、リッジ形状などを見直し、動作電流の低減をはかった。

3.2 高感度受光素子の開発

従来のキャンタイプレーザでは、光出力のモニタ用として図2(b)に示すようにレーザ素子だけでなく別に光出力モニタ用の受光素子(PD)を内蔵している。PDは材料にSiを用い、PIN接合を形成している。PDとモニ

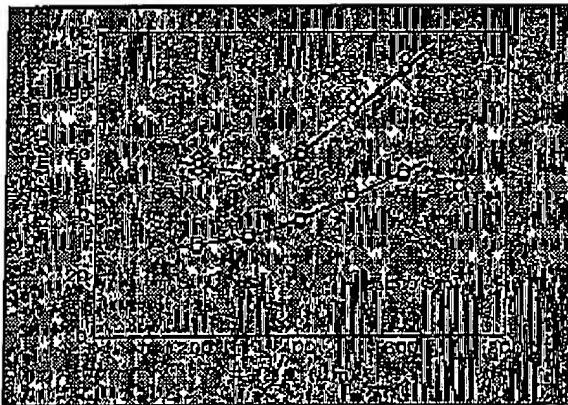


図5 レーザ素子の共振器長と動作電流の関係
Fig. 5 Relationship between the cavity length and operating current

タ光の位置関係を図6に示す。キャンタイプレーザの場合、図6(b)のように、レーザ素子の後端面から出射した光がPDに垂直に入射するため、入射光量が大きい。一方フレームタイプレーザの場合、パッケージの厚みが薄く、平面上に組み立てを行なうため、キャンタイプレーザのような構造は取れない。そのため図6(b)に示すように、PDを内蔵したSiヒートシンクを用いることとした。この構造の場合、PDへレーザ光は斜め入射となるため、入射光量が減りモニタ電流(I_m)が低下する問題がある。

また赤色レーザは放熱性を良くするため、発光(発熱)する部分である活性層を含む接合部をヒートシンクに近づけて組み立てるジャンクションダウント構造をとる。つまり、レーザ素子の発光位置がPD表面に近接することになる。そのため、光出力モニタ用のレーザ光を出射する素子後端面とPD受光面との距離が l_m に大きく影響する。

今回、レーザ素子端面とPD受光面の距離を最適化するとともに、ガウスビーム W_0 が斜め入射した場合に650nm帯の波長に対して高感度となるようPD表面の反射防止(AR: Anti-Reflection)膜のシミュレーションを行った。図7に、従来のAR膜(キャンタイプレーザ用PDと同設計)、及び今回設計したAR膜を用いたPDヒートシンクにおけるレーザ素子後端面とPD受光面の距離を変化させたときの I_m 値を示す。素子端面がPD

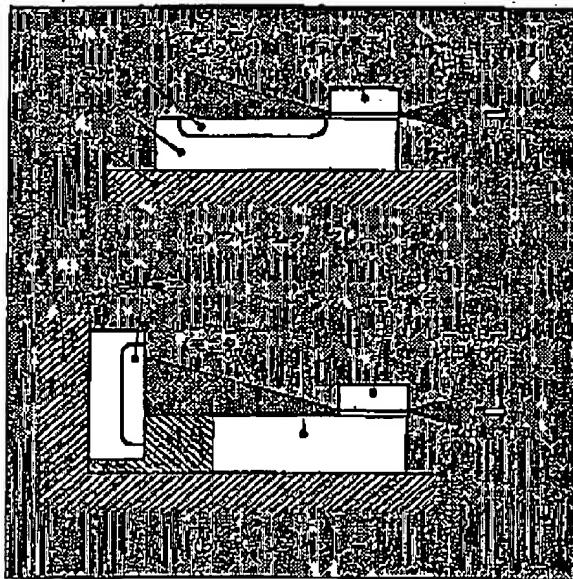


図6 受光素子とモニタ光の位置関係
Fig. 6 Relationship of the position between the photodiode and monitoring beam

DVD用フレームタイプ赤色半導体レーザ

部品・デバイス特集 II

受光面上にある場合 I_a はほとんど変化せず、受光面から離れるにしたがい減少する。 I_a をできるだけ大きくするにはレーザ素子を PD 受光面に近づけたほうが良いが、組み立て精度や素子サイズのばらつきを考慮し、前記両者の距離設定を $50\mu\text{m}$ とした。また、新たに設計した AR 膜を用いた場合、従来設計に比べて I_a を約 2 倍に増加できた。その結果、 0.1mA という実用上問題のない I_a 値が得られた。

3.3 新型フレーム構造の採用

フレームタイプレーザは、1枚のフレーム枠に数十個の素子を X-Y 平面上で連続して組み立てるができるという特徴がある。そのため、1個ずつ組み立てる従来のキャンタイプと比較して複雑な工程が不要となり、生産効率を大幅に改善できる。更に薄型化に対しても有効である。この特徴を活かし、当社ではフレームタイプの赤外レーザを量産してきた。しかし、赤色レーザは高温で発光効率が低下するため、赤外レーザに用いているフレームをそのまま用いてもフレームタイプは実現できなかった。そこで、赤色レーザ用として放熱性に優れた新型フレーム構造を設計した。

赤外レーザに用いているフレームパッケージは、放熱体（金属性）の体積がキャンバッケージの $1/4$ と小さい。レーザの温度特性^{付録}を改善するには放熱体の体積を増やすことが効果的であり、その方法としてもっとも簡単なのはパッケージサイズを大きくすることである。しかし、まず銀（放熱フィン）についてはレーザを使用する光ピックアップからの制約があるため、フレームタイプ赤外レーザと同じ 6.8mm とした。同様に実行き

（レーザ光出射方向）も大きくはできない。その結果、放熱体の体積を増やすためにフレームの厚板化という手段を考えた。しかし、フレームを厚くするとリードピン部分が近接しているため、金型で打ち抜けなくなるという問題がある。この問題を解決するため、レーザ素子・ヒートシンクをマウントする部分を厚く、リードピン部分を薄くした複合構造を有するフレームを採用した。厚さは厚い部分を 0.8mm と従来の CD 用レーザフレーム (0.4mm) の 2 倍、薄い部分を 0.6mm とした。これにより、従来の CD 用レーザのフレームパッケージとほぼ同じ大きさで放熱体の体積を約 2 倍にすることができた。また、フレームの形状においても素子からの熱が直接放熱フィンに伝わりやすい形状に変更した。更に板厚が厚いことで、光ピックアップへの挿入時の応力に対する強度も改善した。

4. 諸子特性

開発した DVD 用フレームタイプ赤色レーザの電流一光出力 ($I-L$) 特性の温度依存性を図 8 に示す。室温におけるしきい値電流は 20mA 、光出力 5mW での動作電流は 30mA である。低電流レーザ素子の開発や放熱性の優れた新型フレーム構造の採用により、動作電流は従来の $1/2$ に低減できた（当社 $\langle DL-3147-161 \rangle$ 比）。また 70°C 、 5mW においても動作電流は約 45mA と、従来の約 $1/2$ となった。 5mW 時のレーザビームの広がり角度は、垂直方向が 30° 、水平方向が 8° （それぞれ半値全角）、またモニタ電流は 0.1mA と光ピックアップ用として開発のない点が得られた。

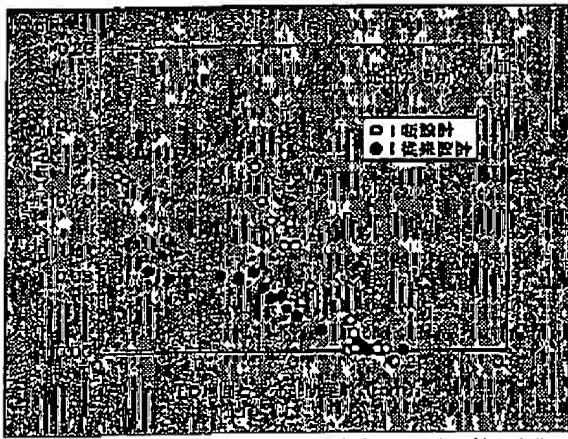


図 7 LD チップと受光部距離を変えたときのモニタ電流の変化
Fig. 7 I_a variation when changing the length between LD facet and detector

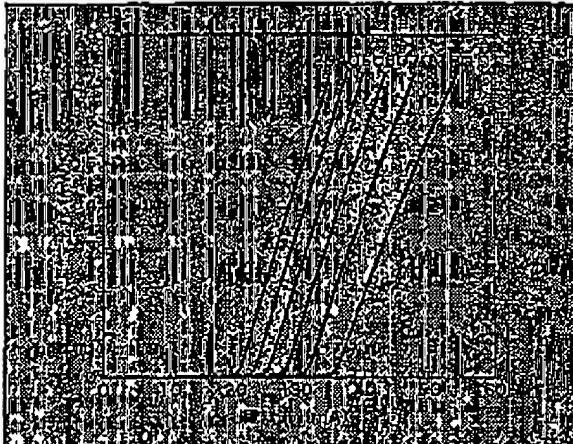


図 8 電流一光出力特性の温度依存性
Fig. 8 Temperature dependence of $I-L$ characteristics

SANYO TECHNICAL REVIEW VOL.84 NO.1 JUN. 2002

図9に高周波重畠をかけたときの発振スペクトルを示す。本素子を含め、一般的にDVD用レーザのスペクトルは本来シングルモード^(単モード)であるが、光ピックアップに用いる場合、光ディスクからの戻り光ノイズが問題となるため、干渉性を下げる必要がある。通常は外部回路を用いて高周波重畠^(重疊)をかけることにより、スペクトルがマルチモードになり、ノイズ特性が改善できる。本素子でも問題なく重畠がかかることが確認できた。また、図10に戻り光ノイズ特性を示す。相対雜音強度は-130dB/Hz以下であり、実用上問題のないノイズ特性が得られている。

図11に信頼性試験結果を示す。70°C、5mWで2000時間以上安定に動作することができた。

5. 結 言

今回、DVD用フレームタイプAlGaInP系赤色半導体レーザを開発した。歪補償型MQW活性層の採用、素子構造の最適化によるレーザ素子の低電流化、DVD用高周波Si-PDの開発、放熱性に優れた新型フレーム構造

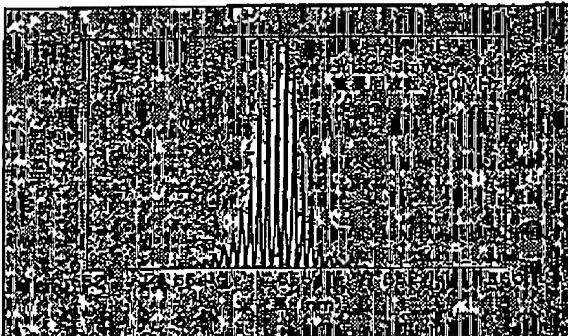


図9 発振スペクトル
Fig. 9 Lasing spectrum

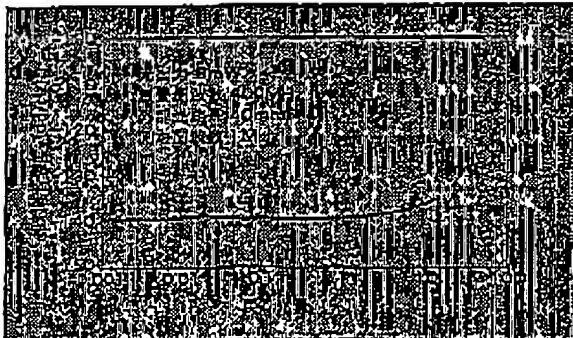


図10 戻り光ノイズ特性
Fig. 10 Optical feedback noise characteristic

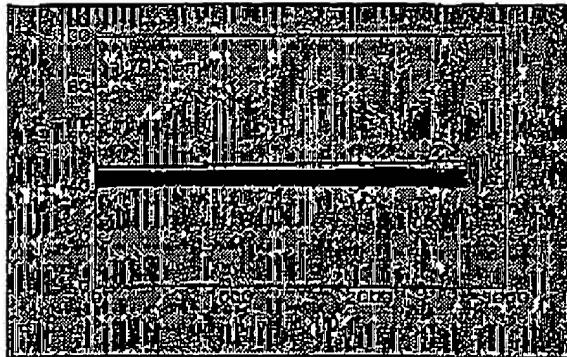


図11 信頼性試験
Fig. 11 Life time test

の採用により、発振波長655nm、光出力5mWで70°Cの高温度保証を可能としたフレームタイプレーザを実現した。パッケージは厚さ2.4mmの薄型で、動作電流も30mAと従来の1/2に低減できた。また重畠特性も問題なく、戻り光に対して良好なノイズ特性が得られた。

フレームタイプレーザはキャンタイプに比べ生産性に優れ、低価格化に有効であるだけでなく、薄型化ができるため、市場でも期待されている。今後はレーザ素子の更なる低電流化を図り、高温度保証を達成していくとともに^①、CD-R/RWやDVD-R/RWなど記録型光ディスクシステム用光源に用いる高出力レーザにもフレームパッケージ化を開拓していく予定である。

最後に、本開発にあたり、ご指導・ご協力いただいた関係各位に深く感謝する。

用語解説

◆ガウスビーム

光軸に直角な断面において光軸からの距離に対して、光の強度分布がガウス型をしている光ビーム。

◆レーザの温度特性

レーザの温度変化に対する特性の総称。一般的に、温度変化に対して動作電流の変化が小さい場合、温度特性が良いと言うことが多い。

◆シングルモード

レーザのスペクトルが单一モードの状態。この場合、レーザ光の干渉性は強い。反対にマルチモードは複数のモードで発振している状態で、干渉性は弱くなる。

◆高周波重畠

レーザの駆動電流に高周波を重ね合わせること。光ピックアップの場合、一般的に200~400MHz程度の高周波を重畠することが多い。

参考文献

- 1) M. Shono, H. Hamada, S. Honda, R. Hiroyama, K. Yodoshi, T. Yamaguchi : "Low-Threshold 630nm-Band AlGaNnP Multiquantum-Well Laser Diodes Grown on Misoriented Substrates", Electron. Lett., Vol. 28, pp.905-906 (1992).
- 2) A. Vlaeter, C. J. van der Poel, M. N. Finke, M. J. B. Baerema : "Effect of Strain on the Threshold Current of GaInP/AlGaNnP Quantum Well Lasers Emitting at 630nm", 19th IREE Int. Semiconductor Laser Conf., G-1, pp.152-153 (1992).
- 3) Y. Bessho, T. Uetani, R. Hiroyama, K. Komeda, M. Shono, A. Ibaraki, K. Yodoshi, T. Niina : "Self-pulsating 630nm band strain-compensated MQW AlGaNnP laser diodes", Electron. Lett., Vol. 32, No.7, pp.567-568 (1996).
- 4) S. Honda, T. Miyake, T. Ikegami, K. Yagi, Y. Bessho, R. Hiroyama, M. Shono, M. Sawada : "Low threshold 650nm band real refractive index-guided AlGaNnP laser diodes with strain-compensated MQW active layer", Electron. Lett., Vol. 36, No.15, pp.1284-1285 (2000).

著者紹介



前田 伸一 1985年入社。半導体レーザの開発に従事。現在、島津三洋電機株式会社 LED事業部 開発部 レーザ開発課 主任技術員。応用物理学会会員。



三宅 伸司 1990年入社。半導体レーザの開発に従事。現在、島津三洋電機株式会社 LED事業部 開発部 レーザ開発課 主任技術員。



西村 喬 1986年入社。受光素子の開発に従事。現在、島津三洋電機株式会社 LED事業部 開発部 オプト開発課 主任技術員。応用物理学会会員。



上山 孝一 1999年入社。半導体レーザの開発に従事。現在、島津三洋電機株式会社 LED事業部 技術二部 レーザ技術課に勤務。



秋吉 新一郎 1997年入社。半導体レーザの開発に従事。現在、島津三洋電機株式会社 LED事業部 技術二部 レーザ技術課に勤務。

Figure 5 shows a relationship between an operating current and a length of a resonator in a laser element when an optical output is set to be 5mV in case where the temperature is 25° C and 75° C. When the temperature is 25° C, the operating current decreases as the length of the resonator shortens from 600 μ m. On the other hand, when the temperature is 75° C, although the operating current decreases as the length of the resonator shortens to 300 μ m, the operating current increases as the length of the resonator shortens from 300 μ m to 200 μ m. From this phenomenon, it is concluded that the most preferable length of the resonator is 300 μ m.